

#6 | Smart teknik banar väg för effektiva lösningar

INTRODUKTION

Att digitaliseringen öppnar upp för en mängd möjligheter att effektivisera och optimera lyfts fram i en mängd olika sammanhang, så även när avfallssektorns framtid diskuteras. Det pratas mycket om den nya smarta tekniken med sensorer, robotar och drönare som tillsammans med artificiell intelligens, maskininlärning och omfattande datakraft ska revolutionera avfallssektorn. Samtidigt är det många som upplever att det kan vara svårt att få grepp om tekniken och se vilka faktiska nyttor som kommer att uppstå när digital teknik ska implementeras i den egna verksamheten. För många känns utmaningarna lika oändliga som de löften som tekniken kommer med. Behovet av vägledning och inspiration är stort.

Nu med fokus på landets avfallsanläggningar

Under 2019 drev Avfall Sverige och IVL Svenska Miljöinstitutet ett gemensamt projekt för att visa på digitaliseringens möjligheter inom avfallssektorn som helhet. Med konkreta exempel, från såväl den egna sektorn som från andra branscher och sektorer, beskrev vi hur man startar och driver sin digitala resa, hur man kan skapa effektivare logistiklösningar, nöjdare kunder och bättre förutsättningar för återbruk. Under 2020 har projektet byggts på med en fördjupning då vi sätter fokus på digitaliseringens möjligheter inom avfallsanläggningar. Med detta vill vi möta det specifika behov av vägledning och som finns inom denna del av avfallssektorn. När vi frågat personer som jobbar vid landets avfallsanläggningar (vår referensgrupp har bestått av representanter från såväl större förbränningsanläggningar och deponier, som mindre återvinningscentraler), konstaterar vi att man önskar såväl övergripande vägledning som att få veta mer om specifika tekniker och lösningar. I denna skrift har vi samlat exempel på hur smart teknik kan bidra till optimering och effektivisering, både i den strategiska planeringen av verksamheten som i den dagliga driften av avfallsanläggningar.

Här kommer du hitta exempel på hur sensorer och smarta robotar banar väg för avfallssektorns bidrag till den "smarta staden". Du kommer också hitta exempel på hur drönarteknik kan vara ett stöd i allt från bättre överblick och planering till mer specifika uppgifter som att mäta deponigas.

När du tagit del av denna skrift hoppas vi att du fått en tydligare bild av:

- Exempel på hur smarta tekniklösningar kan tillämpas och bli ett stöd i avfallsanläggningars verksamhet
- Hur den smarta tekniken, såsom sensorer, robotar och drönare kan bidra till utvecklingen av avfallsanläggningar som en viktig del i den "smarta staden"
- Vilken nytta som kan uppstå för avfallsanläggningen när sensorer och annan smart teknik blir en del av verksamheten
- Vad man bör tänka på när man börjar tillämpa smart teknik, såsom drönare och "smarta robotar"
- Sådant som är på gång inom området "smart teknik" för avfallsanläggningar

Denna skrift ingår i Avfall Sverige och IVL Svenska Miljöinstitutets skriftserie om digitaliseringens möjligheter inom avfallshanteringen. Detta är #6 i denna skriftserie och denna ingår i Avfall Sveriges rapport 2020:25 Digitaliseringens möjligheter inom avfallsanläggningar. Projektgruppen som tagit fram denna skrift har utgjorts av Jessica Christiansen, utvecklingschef Avfall Sverige, Nils Boberg, Annelise De Jong, Erik Emilsson och Eva Stattin, IVL Svenska Miljöinstitutet.

Vad hittar du i denna skrift? Förhoppningsvis något som passar dig!

Vägen mot ökad digital mognad kan vara utmanande och svår att staka ut. För att lyckas behövs såväl kunskap och vägledning som inspiration och goda exempel. Därför har vi i denna skrift samlat just detta.

Du som söker efter ökad kunskap kan gärna ta del av de **kunskapshöjande** avsnitten.

Du som vill ta del av andras erfarenheter och vilka nyttor och värden som uppstått hos dem som

kommit en bit på vägen kan gärna läsa avsnitten med **erfarenhetsdelning**.

För dig som är ute efter diverse spaningar och exempel, både från genomförda och pågående satsningar och från framtidsspaningar, finns avsnitt med **inspiration**.

Oavsett vilken typ av vägledning och inspiration du söker hoppas vi att du ska hitta något som är av intresse för dig.

INNEHÅLL

KUNSKAPS- HÖJANDE

AI och robotar kan revolutionera framtidens avfallshantering.....	4
AMP Robotics snabbare och säkrare än det mänskliga ögat.....	6
Drönare fångar möjligheter högt och lågt.....	14
Beginners Guide för drönare.....	15
Nytt regelverk för drönare.....	26
Drönarflygning som tjänst.....	29

INSPIRATION

Krönika: Den smarta staden blir bäst om avfallssektorn är med och utformar den.....	3
”Smarta satsningar” – teknikexempel som kan komma att påverka avfallssektorn.....	10
Framtidens IoT-lösningar inom avfallshantering.....	12
Den självständiga drönaren.....	24
ISWA vill inspirera avfallssektorn till Industri 4.0.....	29

ERFARENHETS- DELNING

Hos Carl F blir roboten Carl-Robot självständigare för varje uppgift den får.....	8
Drönare som stöd för estimering, validering och planering. Exempel från Vafab.....	17
Erfarenheter av drönare på tippen – en återblick.....	20
Drönare som mäter deponigas.....	22
Drönare i gruvan hos LKAB.....	25

I denna skrift förekommer omnämmanden om specifika företag, teknik, programvaror och systemlösningar. Dessa ska utslutande ses som exempel och inspiration och inte som rekommendationer. Projektgruppen som står bakom denna skrift har inte själva testat eller tagit ställning, varken för eller emot, den teknik, de teknikleverantörer och de konsulttjänster som omnämns. I många fall länkar vi vidare till våra källor för mer information. Detta innebär dock inte att vi tagit ställning för eller rekommenderar de produkter eller tjänster som vi länkar vidare till. Det ska endast ses som källa för mer information.

Den smarta staden blir bäst om avfallssektorn är med och utformar den

När man talar om den "smarta staden" får många bilder av högteknologiska och futuristiska lösningar med robotar, självkörande fordon och byggnader, som vet vem du är när du kliver in och välkomnar dig med en personlig hälsning. Visionerna om vad den smarta staden kommer att erbjuda har funnits länge. Nu börjar mycket realiseras på allvar, men kanske inte så uppenbart som vi föreställt oss. Bakom fasaderna på allt från bostäder, till kontors- och industrifastigheter pågår en utveckling som kommer att påverka framtidens avfallshantering.

Bakomliggande förklaringar till att utvecklingen av den smarta staden nu tagit fart på allvar är flera. Dels handlar det om vår strävan att skapa mer hållbara konsumtions- och produktionsmönster för att minska klimatutsläpp och negativ miljöpåverkan. Dels handlar det om att tekniken, som gör att vi kan utrusta samhället med sensorer som mäter och rapporterar, blivit både enklare, billigare och kräver allt mindre utrymme och underhåll för att fungera. Inte minst handlar det om att den smarta tekniken, som gör att vi kan koppla upp sensorer och överföra, lagra och bearbeta data, har skapat förutsättningar för helt nya möjligheter; möjligheter som uppstår då interaktioner mellan människor, fastigheter och prylar blir allt mer sömlösa.

Vi har börjat skönja hur helt nya tjänster och affärsmodeller utvecklas som en del av denna sömlösa interaktion mellan det digitala och det fysiska. Flödet av resurser och avfall är en central pusselbit i denna. Inte minst då många ser digitaliseringen som en efterlängtdad möjliggörare för att skapa cirkulära resursflöden. Samtidigt är det många nya förmågor och lösningar som ska komma på plats och samverka för att den digitala tekniken ska komma till sin rätt. Avfallssektorn står därmed inför en spännande utveckling.

Hittills har merparten av satsningarna och tillämpningen av smart teknik inom avfallssektorn handlat om att utrusta sopkärl med mer eller mindre avancerade sensorer. Med sensorernas hjälp kan man läsa av kärlets fyllnadsgrad och därigenom få signaler om när kärlet behöver tömmas. Något som gör att man kan ruttoptimera och på andra sätt effektivisera logistiken. Sensorerna fyller också en annan viktig funktion. De bidrar till att man kan samla in stora mängder data. Denna data kan sedan, både i realtid och aggregerat med annan extern data, analyseras och bearbetas. Därigenom kan man upptäcka trender som sedan kan användas för att skapa proaktiva lösningar. Verksamheter som satsat på att utrusta kärl med sensorer för datainsamling vittnar om att dessa varit mycket värdefulla inte minst under våren 2020, då pågående pandemi har påverkat var vi rör oss i samhället och var avfall därmed genereras. Den data som samlats in och analyserats har bidragit till att man snabbt har kunnat anpassa ruttor för hämtning av avfall på ett effektivt sätt.

I takt med att allt fler kärl utrustas med sensorer som samlar data blir det möjligt att jobba allt mer data- och insiktsdrivet. Det bidrar i sin tur till att vi kommer kunna utveckla helt nya flöden för vårt avfall, då insikterna som kommer med bearbetningen av stora mängder data gör att vi får bättre underlag för strategisk planering.

Med den smarta tekniken och den nu snabba utvecklingen av tillämpningsområden för artificiell intelligens (AI), maskin-inlärning (ML) och virtuell verklighet (VR), skapas en mängd nya möjligheter för hållbara lösningar. Med AI kan vi få fram helt nya sätt att förstå vår omvärld. Med ML kan vi exempelvis utveckla robotar som avlastar och effektiviserar. Med VR kan vi bland annat undvika att vistas i farliga miljöer och också bli proaktiva och undvika att situationer som kan vara farliga för miljö, liv och hälsa uppstår.

Den smarta staden kommer dock inte att utvecklas av tekniken i sig, utan av hur vi som lever i staden tillämpar tekniken. För att omsätta insikterna som går att hämta i de stora datamängderna krävs både kreativitet och mod, så att innovationer kan uppstå. Samtidigt som vi modigt utforskar och lär oss att tillämpa den smarta teknikens fördelar är det bra om vi är uppmärksamma på risker, så att vi kan säkerställa att den smarta staden blir hållbar ut ett såväl ekonomiskt som miljömässigt och socialt perspektiv.

När det gäller avfallshandlingens roll i den smarta staden kommer vi troligen se en mängd nya tjänster, sprungna ur datadrivna insikter, på marknaden. Min övertygelse är att dessa tjänster blir bäst när de som kan mycket om avfallshantering och de som sitter med behovet att bli av med avfall är med och utformar tjänsterna tillsammans. Därför hoppas jag att resultaten från våra projekt "Digitaliseringens möjligheter" ska inspirera avfallssektorn, så att ni med digitaliseringens som stöd blir en aktiv motor i skapandet av den smarta staden.

Eva Stattin,
*senior rådgivare och expert,
hållbar digitalisering
och innovation,
IVL Svenska Miljöinstitutet*



AI och robotar kan revolutionera framtidens avfallshantering

Inom avfallssektorn har man sedan tidigare automatiserat flera processer i syfte att förbättra sorteringstekniken. Med löftet som kommer med artificiell intelligens (AI) ser man stora möjligheter till ytterligare förbättringar, då tekniken visat sig ha förmåga att utvecklas i takt med att den används. Många förutspår att AI tillsammans med automatiserade robotar kan komma att revolutionera framtidens avfallshantering.

I dessa dagar är begreppet Artificiell intelligens (AI) flitigt använt, men då det används för allt ifrån att en dator stänger av sig vid en viss temperatur till en maskin gör olika inlärda rörelser baserat på resultatet av olika algoritmer, är det är inte alltid så lätt att veta vad begreppet står för. Forskningen inom området började redan på 1940-talet, men AI-teknikens stora milstolpe kom inte förrän 1997 en AI-dator för första gången kunde slå världens bästa schackspelare.

Inom sortering började AI användas redan på 1970–80 talet, men baserades då endast på optiska sensorer där man jämförde färger och tog beslut utifrån dess gråskala. Det var inte förrän början av 1990-talet, som man tack vare utökad processorkraft och avancerad kamerateknik, kunde bygga en den AI-noggrannhet som lett till att tekniken kan användas för objektigenkänning. Under 2000-talet har tekniken utvecklats, så att man med hjälp av sensorer, i kombination med algoritmer och senare så kallade neurala nätverk, närmast sig en intelligent sortering som inte bara konkurrerar med utan ofta slår människans förmåga.

Teknik med förmåga att utveckla sig själv

I takt med att kraven på återvunna och hållbara material har ökat, har avfall också alltmer börjat betraktas som en resurs. Det har medfört att effektiv och noggrann sortering har blivit allt viktigare. Tempot i den relativt sett långsamma digitaliseringstakten inom avfallssektorn börjar nu öka, då sensorer och

smarta robotar gjort entre på sorterings- och återvinningsanläggningar i flera länder, bland annat USA, Japan, Norge och Sverige. Exempel på teknik som börjat få fäste är bildigenkänning och maskininlärning, som båda bidrar till att avfallssortering kan effektiviseras. Bland leverantörerna av den nya tekniken finns företag som ZenRobotics, AMP Robotics, Max AI och TOMRA, som alla arbetar med system som kan känna igen flera typer av avfall och som kan sortera avfallet utifrån en mängd parametrar. Det som kännetecknar tekniken är att dess förmåga att stegvis utveckla och förfina sin teknik i takt med att den används, så kallad maskininlärning.

Till skillnad från vanlig automation och tidigare tillämpade sorteringstekniker kan robotar med maskininlärning tränas genom bildigenkänning. När sorteringen sedan körs i produktion kan roboten identifiera de olika avfallstyperna och sorteringen blir bättre och noggrannare ju mer roboten används. Robotsorteringen är numera ofta både snabb och precis och kan därför överträffa människoögat. Vissa system kan exempelvis snabbt identifiera vilken typ av plast som kommer på sorteringsbandet, även om denna är kontaminerad. Att identifiera just kontaminerat avfall som kommer på ett rullband med blandat avfall är en utmaning för en effektiv sortering, men är något som bildigenkänning kan komma till rätta med genom träning och avancerade sensorer. Att uppnå bästa möjliga kvalitet på sorteringen har därför varit centralt för teknikutvecklingen, enligt Volker Rehrmann, vice VD för norska TOMRA.



Max-AI sorteringsrobot.

Bild: BulkHandling Systems

En titt in i framtiden

Ett annat tillämpningsområde för AI är att använda tekniken för beslut om vad som bör sorteras ur en avfallsmängd. Tekniken kan då vara behjälplig när man på förhand inte är säker på vilket avfall som kommer på rullbandet, då den nya tekniken kan processa informationen om avfallet. Den kan sedan, med hjälp av extern data, identifiera vilka fraktioner som bör sortera ut. Beslutet kan baseras på fler parametrar än bara mängden avfall. Man kan exempelvis ta hänsyn till energivärdet på materialet, aktuell efterfrågan, ekonomiskt värde och klimatpåverkan.

Den sorteringstekniken som erbjuds med stöd av AI är redan imponerande, men enligt kännare av teknikens förmåga har vi hittills endast sett en glimt av dess kapacitet. I en nära framtid kommer tekniken ha förmåga att sortera avfall med ännu större noggrannhet och besluten kommer kunna grundas på en mängd olika data, dels då robotar kommer utrustas med fler sensorer, och dels då data från befintliga sorteringssystem kan samlas och samordnas med externa system. Det är då stora mängder data, i kombination med så kallad djupinlärning, där man använder modellering tillsammans med algoritmer, som sorteringssystemen kommer att förbättras avsevärt.

Några begrepp att ha koll på

Maskininlärning är ett begrepp nära besläktat med artificiell intelligens (AI) och innebär att datorer genom avancerade algoritmer lär sig känna igen mönster och dra slutsatser genom att analysera stora mängder data. Ett exempel på maskininlärning är bildigenkänning där man med hjälp av algoritmer och träning kan lära en dator känna igen föremål på en bild och ta beslut baserat på vilket föremål som identifieras.

Ett annat begrepp inom maskininlärning är **artificiella neurala nätverk** eller **neuronnätverk**, som innebär att man genom att använda en mängd självlärande algoritmer skapar ett nätverk av noder som efterliknar det neurala nätverket som finns i våra hjärnor.

Genom att använda neurala nätverk kan man uppnå **djupinlärning** vilket är avancerad maskininlärning som kan lösa komplexa icke-linjära problem till exempel mönsterigenkänning, språkbehandling och ljudigenkänning. Djupinlärning är något man idag arbetar med för att exempelvis uppnå trygga självkörande bilar.

AMP Robotics snabbare och säkrare än det mänskliga ögat

Ända sedan 1960-talet har industrirobotar använts för att effektivisera olika industriprocesser. Med målet att göra återvinning både lönsamt och effektiv grundades det amerikanska robotföretaget AMP Robotics (Autonomous Manipulation and Perception) år 2014.

Till skillnad från klassiska industrirobotar utvecklar företaget autonoma robotar som med hjälp av artificiell intelligens (AI) kan identifiera, sortera och processa komplexa avfallsströmmar. Bara några år efter starten har företaget blivit internationellt känt och man har redan mottagit flera priser för sin innovation.

I en artikel i Robot Business Review från juni 2020 berättar Matanya Horowitz att han var långt ifrån den första att börja använda robotar inom avfallshantering. Han visste att industrirobotar hade använts tidigare och hade läst om försök att automatisera robotarna som användes under 1990-talet, men att robotarnas stora svaghet var att identifiera olika typer av avfall. Horowitz ville därför försöka lösa problemet genom att använda kostnadseffektiva robotar som med hjälp av maskinlärning och AI kunde identifiera och sortera ut en mängd olika typer av avfall i olika storlekar och former.

Den teknik som AMP Robotics sedermera utvecklat använder deltarobotar från ABB och Omron i sina lösningar, då dessa anses vara snabba, lätta, billiga och enkla att reparera om de går sönder. För att ge robotar "ögon", som gör att sorteringsgraden kan förfinas, använder man avancerade kameror och sensorer som täcker hela det synliga spektrumet. Bilderna behandlas och analyseras i realtid i företagets egenutvecklade AI-plattform, som snabbt identifierar och berättar för deltaroboten hur avfallet ska sorteras. Bilderna tränar även systemet att bli bättre och bättre på att identifiera olika typer av avfall med avseende på parametrar som färg, textur, form, storlek och mönster. Data som registreras från avfallsströmmar utgör även ett underlag för datadriven analys som erbjuds genom företagets egenutvecklade analysprogram.

– Om du kan lära en människa att särskilja något så kan du lära våra system att göra det också, berättar Matanya Horowitz.



AMP Robotics AI-plattform

Bild: roboticsbusinessreview



AMP Robotics sorteringsystem implementerat hos Single Stream Recyclers i Florida

Några som implementerat hela AMP Robotics system är Single Stream Recyclers (SSR), en sorterings- och återvinningsanläggning i Florida. Totalt har man installerat 14 robotar på flera sorteringslinor, och på företaget är man nöjd med investeringen.

– Robotar är framtiden för återvinningsindustrin och vår investering med AMP Robotics är vital för att nå vårt mål att skapa en så effektiv återvinningsverksamhet som möjligt, berättar John Hansen, delägare i SSR till tidskriften *The Robot Report*.

I dagsläget kan systemet sortera ut material som plast, kartong, papper, koppar och annan metall. Systemet är byggt för att köras 24 timmar om dygnet, och kan göra upp till 80 plock per minut, vilket enligt företaget är dubbelt så snabbt som en människa kan med hög noggrannhet.

– Systemet har hjälpt oss att sänka kostnaderna, ta bort föroreningar bland avfallet, öka renheten på våra råvaror, avlett avfall från deponier och ökat den totala återvinningsgraden, berättar Eric Konik, delägare i SSR till tidskriften *The Robot Report*.

Utöver implementationen hos SSR i Florida har företaget installerat sin lösning i ett flertal anläggningar runt om i USA, bland annat i Kalifornien, Colorado, Indiana, Minnesota och Wisconsin, och fler är inplanerade. AMP Robotics blev under 2019 även partners till Ryohshin, ett japanskt företag som arbetar med avfallshanteringsteknik i Asien. Målet med expansionen är att nå den japanska marknaden och arbeta mer med bland annat rivningsavfall. Man planerar även att expandera till Europa men vill först hitta rätt partners för att ta tekniken vidare på denna marknad. I framtiden avser man också att

börja använda fler typer av sensorer, såsom IR och UV för att kunna identifiera fler material på detaljnivå. Exempelvis plasttyper som PVC och PET. Man vill även paketera kamerasystemet tillsammans med AI-plattformen utan själva sorteringsroboten. Något som man gör i syfte att erbjuda återvinningsanläggningar en lösning för insamling och analys av data.

AMP Robotics

AMP Robotics är ett amerikanskt företag som haft en snabb etablering sedan de lanserades som en startup under 2014. Deras mission är att möta och lösa avfalls- och återvinningssektorns utmaningar med artificiell intelligens och smarta robotar.

De erbjuder avfallssorteringslösningar som bygger på maskininlärningsteknik och tillhandahåller även plattformar för datainsamling och dataanalys.

Huvudkontoret och tillverkningsverksamheten ligger i Colorado, men deras system finns installerade på mer än 70 platser runt om i Nordamerika och Japan.

Under våren 2020 fick man utmärkelsen "Rising Star Company of the Year" i amerikanska Global Cleantech 100 och under föregående år utnämndes grundaren Matanya Horowitz till årets innovatör av tidskriften *Waste360*.

► [Läs mer om AMP Robotics på företagets webbplats.](#)

Hos Carl F blir roboten Carl-Robot självständigare för varje uppgift den får

Hos företaget Carl F AB har man sedan en tid tillbaka stöd av en ny typ av medarbetare: Roboten Carl-Robot. Med denna kan de anställda undvika slitsamma uppgifter och tuffa arbetsmiljöer. Samtidigt har man kunnat optimera anläggningen för att uppnå en industrialiserad sortering. Carl-Robot har nämligen förmågan att själv lära sig hur avfallet kan sorteras, snabbt och effektivt.

Carl F hade sedan tidigare ett sorteringshus, där de anställda sorterade det inkomna blandade avfallet på band. Detta såg man som den enda möjligheten för att få ett bra resultat i sorteringen. Man hade visserligen en maskinell utrustning som underlättade sorteringsarbetet för personalen, men när annorlunda eller nya typer av avfall dök upp uppstod svårigheter med utrustning och personalkunskapen.

För att komma runt problemen med den maskinella utrustningen och för att ytterligare industrialisera processen sökte man efter ny teknik, som samtidigt kunde skapa en bättre arbetsmiljö för de anställda. Valet föll på en sorteringsrobot som utvecklats av det finska företaget ZenRobotics. Roboten döptes lämpligt till "Carl-Robot" och är sedan 2016 en del av Carl F:s anläggning i Malmö.

Intelligent sortering

Carl-Robot, som är utrustad med tre robotarmar, sorterar blandat avfall från ett rullband med. Multipla sensorer och kameror installerade ovanför bandet identifierar avfallstypen i realtid, medan robotarmarna lyfter av avfallet från bandet och släpper det i rätt fraktionsfack. Sorteringen kan observeras från monitorer där man följer robotarmarna och kan se flödet utifrån sensorernas och kamerornas synvinkel. Själva sorteringen sköter dock roboten själv.

Något som utmärker Carl-Robot är att den till skillnad från andra sorteringsrobotar använder AI och maskininlärning för att bli bättre på att sortera redan identifierade avfallstyper men också för att lära sig sortera ut fler. Carl Fredrik Jönsson, delägare på Carl F berättar att de installerade roboten 2016 och att arbetet tog cirka två veckor. Direkt när roboten var på plats började man lära den identifiera olika avfallsfraktioner genom att låta den processa en stor mängd försorterat avfall.

– Man körde först 1000 plastbitar, sen 1000 träbitar och så vidare. Efter en helg med upplärning var roboten redo att köra igång självständigt, berättar Carl Fredrik Jönsson.

Idag är Carl-Robot upplärd att sortera avfall i över 250 olika fraktioner såsom olika typer av metall, tegel, betong, plast och trä. Roboten kan även känna igen storlek och färg på avfallet och kan därmed exempelvis sortera ut gult och rött tegel separat. På anläggningen används den dock huvudsakligen i syfte att effektivt separera trä, metall, sten och plast. Resultatet blir även att man efter sorteringen kan redovisa mängden avfall sorterat i de olika fraktioner för kund ner till kilot.

Först i Sverige

Carl F var åttonde i världen och först i Sverige med att installera en sorteringsrobot av denna typ. Investeringskostnaden var cirka 18 miljoner kronor. Beslutet att investera i tekniken kom delvis efter ett studiebesök på Baetsens sorteringsanläggning i Holland, där man även fick inspiration till hur man skulle lägga upp sitt övergripande sorteringsflöde.

Carl Fredrik Jönsson berättar att valet av leverantör kändes självklart, då man ansåg att det var den enda tekniken som var "framkomlig och vettig". Man bedömde också att den svarade mot företagets mål om att vara fortsatt konkurrenskraftiga och fortsätta vinna marknadsandelar i Sverige². Efter att man haft tekniken i drift i något år beslutade man sig även för att installera ytterligare en robotarm för att öka effektiviteten av sorteringen. Den goda relationen med ZenRobotics och andra anläggningar som använder samma teknik har bidragit till att man vågat satsa och bygga vidare på tekniken.

– Vi har kontakt med ZenRobotics ibland för support och ibland delar vi data med dem från roboten för vidareutveckling. Vi delar även erfarenheter med andra verksamheter, både i Sverige och internationellt, som använder samma teknik, berättar Carl Fredrik Jönsson.

Idag finns robotar från samma leverantör installerade hos bland annat Lundstams återvinning i Östersund och Skrotfrag i Oskarshamn. Driften av roboten är i grunden mycket enkel då man egentligen bara trycker på start och låter den köra



Bild: Zenrobotics

igång, men roboten löser inte hela flödesproblematiken. Man har installerat siktar, krossar och andra försorteringsmaskiner för att få ett fungerande avfallsflöde på bandet som Carl-Robot kan hantera. Det material som inte kan identifieras släpps igenom som övrigt. Vid behov lär man förstås roboten att identifiera fler fraktioner.

– Med sorteringsroboten kan vi sortera ut sådant som tidigare dels var omöjligt att sortera ut, dels väldigt ekonomiskt olönsamt, säger Carl Fredrik Jönsson.

Hållbarhet

Efter installationen hade man förhoppningen att 75 procent av avfallet skulle kunna sorteras ut och återvinnas. Resultatet av att använda roboten i full drift visade sig bli en minskning av andelen avfall som går till energibränsle från 40 procent till 15 procent och enligt den klimatrapport Carl F beställde av Cleantech Scandinavia år 2018 bedömdes företaget som helhet vara klimatpositivt, då man sparade samhället utsläpp på cirka 10 300 koldioxidekvivalenter. Bedömningen är ett resultat av flera investeringar gjorda på anläggningen, såsom vindkraftverket som delvis driver sorteringsanläggningen och företagets fordon som endast drivs av HVO (biodiesel). Carl-Robot anses dock vara central i verksamheten då den halverat mängden avfall som går till energiåtervinning. Under sommaren 2020 planerar man även att installera solpaneler, för att bli helt självförsörjande på el.

Detta är Carl F AB

I Sydvästra Skåne ligger familjeföretaget Carl F AB som arbetar med avfalls- och materialhantering i samma del av regionen. Företaget har totalt ett 40-tal fordon, 5 000 containere och hanterar runt 30 000–40 000 ton avfall varje år. Verksamheten går ut på att samla in, transportera och sortera material i olika fraktioner. Man hanterar huvudsakligen avfall från byggindustrin.

Carl-Robots kapacitet

Antal armar: 3

Antal fack: 12

Kapacitet: 4 000–6 000 Plock från bandet per timme.

Kraft: Kan lyfta material som väger upp till 30 kg.

Sensorer: NIR (near infrared) spektrumsensorer, 3D-sensorer, högupplöst RGB-kamera, metalldetektorer och spektrumsensorer för synligt ljus.

Drift: Sorteringen körs i 12–16 timmar per dygn.

Initial investering: 18 Miljoner kronor för en robot med två armar år 2016.

”Smarta satsningar” – teknikexempel som kan komma att påverka avfallssektorn

Runt om i världen bubblar det av initiativ och innovationer som utvecklar avfallssektorn. Här har vi samlat några exempel på teknik som det pratas mycket om. Exakt vilka av dessa som kommer att få fäste och påverka avfallshandlingen i större skala vet vi inte ännu. Att den smarta tekniken är här för att stanna och att den kommer att påverka sektorns utveckling är tämligen säkert.



Bild från Nordsense

Färre överfulla papperskorgar med hjälp av sensorteknik

Detta exempel hämtar vi från San Francisco, som länge har dragits med en problematik med överfulla soptunnor, vilket årligen resulterat i över 10 000 klagomål och förfrågningar om att tömma dem. För att komma till rätta med problemet, satsade staden 2014 på ett startup-program som hade i uppdrag att matcha teknikföretag med kommuner och lokala samhällsproblem. Genom programmets matchmaking kom man i kontakt med företaget Nord Sense som genom sensorteknik och dataanalys tar fram helhetslösningar för avfallsindustrin. Tillsammans med företaget installerade man sensorer i 48 av stadens 3800 offentliga soptunnor för att realtidsövervaka papperskorgens fyllnadsnivå, temperatur och larma om någon försöker vandalisera den.

Resultatet av projektet visade att man kunde minska antalet överfulla soptunnor och mängden illegal dumpning radikalt. Lösningen gjorde också att man kunde reducera klagomålen från medborgarna. Hittills har antalet överfulla soptunnor minskat med 80 procent, illegal dumpning med 64 procent och antalet klagomål med 66 procent. Genom sensorerna kunde man även optimera tömningsrutterna för sopbilarna i staden, något som reducerar både tömningskostnader och dess relaterade koldioxidutsläpp.

Då projektet ansågs så lyckat beslutade man sig 2018 för att installera sensorer i ytterligare 1 000 av stadens offentliga soptunnor.

► [Läs mer om satsningen på Nordsense webbplats.](#)

Max AI:s ”datorsyn” är skarpare än det mänskliga ögat

2012 började företaget Sadako, som har sitt huvudsäte i Barcelona, sin tekniska resa mot den smarta robotteknik och kamerlösning med bildigenkänning som idag, med stöd av artificiell intelligens och maskininlärning, sorterar avfall med snabbhet och precision.

Utvecklingen av Sadakos lösning började med att byggandet av en robot som med en sugkopp effektivt kunde fånga avfall från ett löpande band. Tekniken i sig var enkel men tankarna om vad man ville göra med teknikens stöd var mer avancerade: ett övervakningssystem i realtid som använder avancerad artificiell intelligens och datorsyn, som skarpare än det mänskliga ögat, kan fastställa avfallens sammansättning, både i fråga om typ av avfall och av kvantitet. Information som sedan presenteras på ett sätt som lätt kan analyseras.

Med stöd av 2D och 3D kameror, som kan fånga olika objekt ur alla dimensioner, utvecklades robotens ”syn” och förmåga att urskilja olika material. På detta utvecklades en algoritm som ger roboten förmågan att känna igen olika material, även i sammanhang där de kan vara svåra att upptäcka.

Slutresultatet var en avfallsortningsrobot från BHS (Bulk Handling Systems) som kallas för Max-AI™ som använder Sadakos teknik. Tekniken testas nu i ett projekt kallat RUBSEE, som finansieras av EU:s Horizon 2020 program.



Bild från Max-AI

► [Läs mer om projektet RUBSEE och Sadoako på företagets webbplats.](#)

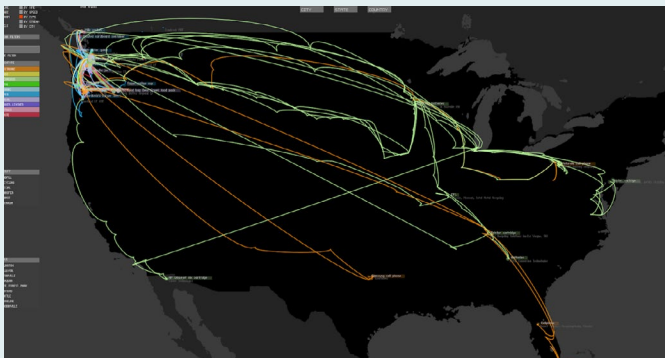


Bild från Sensable City Lab

Med TrashTrack spåras resurser och avfall

På olika håll laboreras det med en framtid där alla produkter, inklusive dess avfall, är spårbart med stöd av digital teknik. Ett sådant initiativ är Trash Track, som ser till att dra nytta av sakernas internet (IoT) för att inte bara spåra utan också påverka hur vi ser på avfallet som genereras i vårt samhälle. Initiativet är en del av projektet Senseable City Lab, som drivs av det amerikanska universitetet MIT.

I TrashTrack används hundratals små ”smarta taggar” som är kopplade till mikroelektromekaniska system. Dessa taggar är kopplade till olika typer av avfall och kan på så sätt följas genom stadens avfallshanteringssystem. På så sätt kan olika produkters ’resa’ genom vår vardag – från det att vi köper dem tills de är förbrukade och hamnar i avfallskedjan – identifieras. Med den data som samlas in kan denna resa också visualiseras. Något som man hoppas ska bidra till effektivare resurshantering och förändrade beteendemönster.

► [Läs mer om satsningen hos MIT.](#)



Bild från Compology

Bildövervakning och AI uppskattar föroreningsgraden i containers

Compology är ett San Francisco-baserat företag som startades 2013. Deras affärsidé bygger på en kamerabaserad teknisk lösning som använder artificiell intelligens och en anpassad mjukvara för containerövervakning. Med Compologys lösning kan containers lokaliseras och fjärrövervakas, då bilder på dess innehåll kan samlas in och analyseras. Med bildtekniken kan man inte bara fastställa volymen av avfall, men kan också identifiera om containern innehåller föroreningar. Med stöd av en mjukvara, som de kallar CScore (Contamination Score) beräknas föroreningsgraden baserat på uppskattad mängd föroreningar dividerat med containerns totala materialvolym. Relaterat till innehållets föroreningsgrad ges sedan rekommendationer om hur innehållet ska hanteras. Compologys lösning riktar sig till stora avfallshanteringsföretag som vill ha stöd för spårning av och löpande överblick över behållare/containers som används för blandat material, kartong och organiska ämnen.

Framtidens IoT-lösningar inom avfallshantering

I framtiden kommer all teknik i vår omgivning vara uppkopplad – i alla fall om man ska tro på prognoser och om teknikutvecklingen fortsätter i samma takt som de senaste tio åren. Till år 2021 uppskattas över 25 miljarder enheter över hela världen vara uppkopplade och kommunicera över nätet. Som en följd förutspås flera branscher och sektorer stå inför både snabb och omfattande utveckling och förändring, med reducerade driftkostnader, ökad säkerhet och förbättrad övervakning som exempel på resultat som den uppkopplade tekniken – ofta förkortad till IoT (Internet of Things) för med sig. Avfallssektorn, där digitaliseringstakten hittills varit förhållandevis långsam, är en av de sektorer där många tror på revolutionerande förändringar.

Inom industrin har IoT snabbt rönt framgång, då tekniken möjliggör helt nya nivåer och källor av integrerad datainsamling genom uppkopplade sensorer. Inom tillverkningsindustrin har utplacerade sensorer längs tillverkningslinan möjliggjort att man kan övervaka och optimera produktionen genom analys av realtidsdata. Man kan även analysera historiska data för att förutspå flaskhalsar och hitta förklaringar till oväntade produktionsstopp. En annan fördel med utvecklingen inom IoT är att man kan integrera tidigare separata system och aggregera datan från dessa på ett ställe. Därigenom kan man sedan dra fler och helt nya slutsatser.

För avfallssektorn för uppkopplade sensorer många fördelar med sig. Exempelvis kan vågbryggor på avfallsanläggningar kopplas upp så det invägda avfallsflödet kan registreras och integreras med till exempelvis anläggningens fakturasystem. På deponier kan värmekameror, IR-sensorer och säkerhetskameror kopplas upp och automatiska larm, som reagerar på realtidsdata, blir ett bra stöd för att undvika bränder eller andra farliga situationer. Den digitala tekniken bidrar därmed till såväl effektivitet som kostnadsbesparingar och ökad säkerhet. Med hjälp av smarta sensorer kan man även bevaka sådant som utsläpp av deponigas och lakvatten. Informationen från sensorerna kan visualiseras i realtid och genom analys av historiska data kan orsakerna till utsläppen utredas och i bästa fall förebyggas. Det blir också ett bra underlag till miljörapporter och annan redovisning.

Säkrare inpassering

Ett annat tillämpningsområde för smarta sensorer är passersystem till anläggningar och byggnader. För en återvinningscentral, där säkerheten alltid är viktig, då allt för många besökare kan innebära större risk för olyckor på området, kan de bidra med stor nytta. Något som blivit tydligt i samband med Covid-19-pandemin, då det blivit ännu viktigare att hålla ordning på antalet besökare på en anläggning. Ett exempel på företag som har smart teknik för passeringssystem är företaget iioote, som utvecklar IoT-lösningar för bland annat avfallsbranschen. IoT-lösning bygger på LoraWAN, vilket är en batteridrivna trådlös dataöverföringsteknik som är anpassad för långdistans och med låg energiförbrukning.

Under våren 2020 har iioote arbetat tillsammans med Rambo, ett kommunalt bolag som arbetar med avfallshanteringen i Bohuslän, för att skapa smidiga passeringssystem till bolagets anläggningar. Inpasseringssystem som räknar antalet in- och utpasserande bilar har implementerats på Rambos anläggningar i Lönndal och Hovenäset. Systemet gör att man med hjälp av ett trafikljus kan reglera antalet besökare på anläggningen utan att personalen behöver involveras. Framöver kommer även information angående antal besökare på anläggningen synas på bolagets webbplats. Denna information kan besökare ta del av för att planera sina besök. Något som man hoppas ska minska trängseln och öka kundnöjdheten. Nästa steg i samarbetet mellan iioote och Rambo



är att implementera lösningen på fler anläggning men man ser också andra tillämpningsområden för smart teknik.

– Vi ser att det finns många fler områden där IoT kan göra nytta och hjälpa oss att nå miljömålen, säger Joakim O Jansson, affärsområdeschef Avfallshantering på Rambo.

Optimeringar för sophämtning

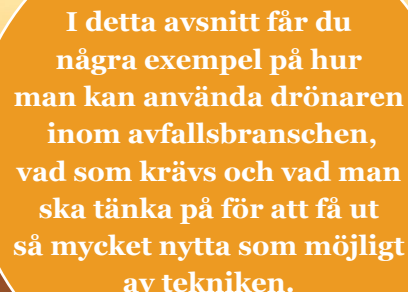
Den hittills vanligaste implementationen av IoT-lösningar inom avfallsbranschen har varit inom hämtning av avfall. Ett exempel kommer det spanska sensorföretaget IoTSENS, som genom uppkopplade sensorer kan mäta avfallsnivåer i sopkärl och använda informationen för att optimera hämtningsrutter för sopbilar. Med tekniken minskar också risken att kärl blir överfulla, vilket kan leda till saneringskostnader. Man kan även registrera temperaturen i avfallskärlet för att undvika brand, samt kärlets position, så att föraren i sopbilen alltid kan hitta rätt även om någon flyttat på avfallskärlet. Tekniken skapar därmed underlag för nytta på flera områden och bidrar till att reducera kostnader både i form av tid och bränsle.

Data som samlas in från avfallskärl kan även underlätta fakturering för både privatperson och företag, och genom att integrera kundportaler skapas även en bättre förståelse för

avfallskostnader. Tekniken bidrar därmed med nytta även för avfallssektorns kunder direkt. Vidare kan man även över tid analysera avfallsflöden för att lättare kunna förutspå toppar och dalar, något som underlättar optimeringar av många delar i verksamheten.

Ökad nytta med uppkopplade avfallsanläggningar

I takt med att avfall i allt högre utsträckning ses som en resurs blir processerna för avfallshantering mer och mer industrialiserade. Ett led i denna utveckling är behovet av att kunna spåra avfallet genom hela värdekedjan. Vilket i sin tur kommer att driva på utvecklingen av nya affärsmodeller. Här kommer sensorer och annan digital teknik att utgöra en viktig komponent. Data från allt mer avancerad sensorteknik kommer även medföra att branschen kan arbeta mer kostnadseffektivt. Det kommer också att bidra till bättre underlag för beräkningar av exempelvis klimatfotavtryck och annan miljöpåverkan. Det är därmed lätt att förutspå att IoT-revolutionen kommer att spela en viktig roll för optimering och utvecklingen av avfallshantering i alla steg i processen; från hämtning av avfall, till sortering och sluthantering.



I detta avsnitt får du några exempel på hur man kan använda drönaren inom avfallsbranschen, vad som krävs och vad man ska tänka på för att få ut så mycket nytta som möjligt av tekniken.

Drönare fångar möjligheter högt och lågt

Utvecklingen av drönare eller så kallade UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) har under de senaste åren gått mycket snabbt fram. Från att ha varit något svårmanövrerat och högteknologiskt som främst används inom det militära finns nu drönare av olika slag tillgängliga för både privatpersoner och företag. I och med dess snabba utveckling blir tillämpningsområdena flera och drönarna har visat sig kunna effektivisera verksamheten i en mängd olika branscher, en av dem är avfallsbranschen.

De första obemannade farkosterna har sina rötter i det militära och den första prövades redan 1849 under det första italienska frihetskriget när Österrike anföll Italien genom bombförsedda ballonger som detonerade när de nådde marken. Sedan dess har man främst inom det militära tagit tekniken framåt och det var inte förrän början av 2000-talet som drönarna verkligen fick sitt tekniska genombrott och så småningom blev tillgängliga för civilsamhället i olika storlekar och prisklasser. Idag används drönare inom flera branscher och syften, från att lättare kunna spela in extraordinära scener i filmindustrin till att genomföra logistiska uppdrag inom handel eller exempelvis besiktiga telemaster på hög höjd.

I och med att drönarna tillgängliggjorts har flera tjänsteföretag bildats, där man genom drönarteknik erbjuder både flygning av drönare och analys av resultatet. Flygfoto och areaberäkningar är några exempel, men ju mer användargränssnittet utvecklats och tekniken kommersialiserats har allt fler börjat införskaffa egna drönare. Numera kan man inom olika industrier genomföra vissa uppdrag snabbt, enkelt och

självständigt tack vare den välutvecklade hård- och mjukvaran. I vissa fall behöver man inte ens styra drönaren själv. Man ger den en förbestämd rutt och ett uppdrag så genomför drönaren hela jobbet själv, från start till landning.

Drönarna är idag starkt förknippade med flygfoto och övervakning, men fler tillämpningsområden växer fram när tekniken byggs på med hjälp av sensorer, scanners och andra instrument. Den riktiga potentialen bedöms ofta ligga i de allt mer kraftfulla mjukvaror som utvecklas i takt med hårdvaran. Molntjänster, programvaror och mobilapplikationer utvecklas ständigt för att hantera och förädla den data som samlas in under en flygning.

Inom just avfallsbranschen har drönaren visat sig nyttig främst vid deponier då den tillåter verksamheten att skapa kartor, 3D-modeller, genomföra volymberäkningar och detektera värmeutveckling och metangasutsläpp på anläggningen. Fler tillämpningsområden testas löpande och inspiration till fler tillämpningsområden kan upptäckas ibland inom andra branscher.

Beginners Guide för drönare

Den som prövade att manövrera radiostyrda helikoptrar och flygplan för 20 år sedan vet att det sannerligen inte var någon lätt historia. Att dagens drönarteknik är något helt annat går snabbt att avgöra för den som testat tekniken. Numera är drönarna utrustade med avancerade styrsystem som gör flygningarna stabila och effektiva. Kanske behöver steget för att testa nyttan med drönartekniken på en avfallsanläggning inte vara så stort. Nedan följer en nybörjarguide för den som vill komma igång

Planera för drönarens uppgift på anläggningen

För den som funderar på att investera i drönarteknik kan det vara smart att börja med att stämma av mål och förväntningar - vad man vill att drönaren ska tillföra och utföra - inom sin organisation. vilka förväntningar och mål man har med sin investering samt förankra dessa i organisationen. Ett bra tips är att få input från olika delar av verksamheten, för att se vad det finns för tankar om hur tekniken kan tillämpas.

För att kunna flyga en drönare idag krävs vanligtvis inte någon specialutbildning. Tack vare den välutvecklade hårdvara som finns i drönaren, i kombination med moderna användargränssnitt, kan man komma en bra bit på egen hand. Om man avser att använda drönaren för mer avancerade mätuppgifter med hög precision, exempelvis med stöd av så kallade Ground Control Points (GCP), kan det dock krävas en del specialkompetens och mer omfattande träning.

Kunskap och erfarenhet av drönarflygningar

Även om lekmän snabbt kan lära sig hur drönare fungerar är det bra om någon inom organisationen, som har lite mer utvecklad erfarenhet och kompetens, utses som ansvarig för tekniken. Den ansvarige kan då se till att hårdvaran (själva drönaren) och mjukvaran är funktionsdugliga och passar för ändamålet, att uppdateringar sker så att det passar verksam-

hetens behov etc. Flera personer inom organisationen kan dock snabbt läras upp i att handha drönaren för olika typer av flygningar.

Då det finns en del specifika lagar och restriktioner att förhålla sig till för att flyga med drönare är det bra om någon i organisationen sätter sig in i dessa. Ta gärna del av texten "Nytt regelverk för drönare" i denna skrift för tips och checklista om regelverket, för att få koll på vilken utbildning som krävs för olika typer av drönare samt var och hur man får flyga den. Drönare kräver generellt inget maskinellt eller tekniskt underhåll men precis som det mesta annat som används i väder och vind behöver drönare, rotorblad och sensorer ibland torkas av efter användning och man bör också se till att hålla efter gräs eller annat som kan fastna i rotorbladen. I regel rekommenderas att både batteri och drönare förvaras torrt och i rumstemperatur.

Val av utrustning

Numera finns en mängd olika typer av drönare och tillbehör från flera olika tillverkare tillgängliga på marknaden. DJI är en av de mest populära på marknaden, men teknikutvecklingen är snabb och nya modeller lanseras löpande. Överlag kan det vara värt att ägna tid åt att göra jämförelser både i fråga om teknisk och fysisk prestanda och hur de svarar mot behoven för den egna verksamheten. Att ta del av recensioner och andras erfarenheter, om det finns tillgängligt, samt se till



Vissa hävdar att valet av mjukvara egentligen är viktigare än själva valet av drönaren då det är behandlingen av data som på riktigt gör att drönartekniken uppnår sin fulla potential på en avfallsanläggning.

att försäkra drönaren vid köpet är några gångbara tips. För användning inom avfallsanläggningar bör man satsa på en drönare som är anpassad för professionellt bruk. Att ta höjd för att kostnader kan uppstå vid olyckor eller vid behov och att man då har en leverantör som snabbt kan bistå med service och reservdelar är ett annat tips.

Andra parametrar att ta hänsyn till inför inköp är storleken på den anläggning där flygningen ska ske, vilka sensorer man planerar att använda och i vilket syfte, samt hur man vill arbeta med insamlade data och hur noggranna mätningar och beräkningar som ska uppnås. Ska drönaren täcka områden större än 200 hektar kan en drönare med vinge vara att föredra, men kom ihåg att dessa kräver mer utrymme för att kunna manövreras korrekt. Multikoptrar är ofta lättare att flyga och mer lämpade för att snabbt kunna täcka mindre områden. Att drönaren kan hantera geotaggar bör vara ett minimikrav och vill man kunna skapa kartor och göra volymberäkningar med hög precision behöver drönaren kunna hantera GCP

Val av mjukvara

Vissa drönare är anpassade för att bära fler typer av sensorer än de som medföljer vid köp och vissa tillverkare erbjuder drönare som kan utrustas med teknik från tredjepartstillverkare. Oavsett hur ert behov ser ut, så se alltid till att drönaren är kompatibel med flera mjukvaror, då utvecklingen av dessa sker löpande och tekniken snabbt kan bli daterad om man inte

tar höjd för detta. Ibland kan en mjukvara från en tredjepartstillverkare vara bättre eller mer lämpad för era behov än den som medföljer själva drönaren. Att se till att det finns mjukvarustöd för självständiga förplanerade flygningar är att rekommendera om drönarens ska användas för flygningar över större anläggningar och ytor som sedan kan följas upp.

Vissa hävdar att valet av mjukvara egentligen är viktigare än själva valet av drönaren, då det är databehandlingskapaciteten som gör att drönartekniken kan nå sin fulla potential på en avfallsanläggning. Med rätt mjukvara kan man efter flygning skapa kartor, 3D-modeller, göra volym- och areamätningar, planera samt specificera flygrutter, som drönaren självständigt sedan kan genomföra. Om man ser behov av att utrusta drönaren med värmekamera är det viktigt att se till att mjukvaran kan hantera denna typ av bild efter flygning. Vissa mjukvaror finns tillgängliga som molntjänster vilket kan innebära fördelar som lagring av data och ökad tillgänglighet. Mjukvaran kan kort sagt innebära skillnaden för att uppnå önskad nytta.

Budget

Professionella drönare finns tillgängliga i en mängd olika prisklasser med nypris från cirka 10 000 kr exkl. moms och uppåt och drönare med vinge är oftast betydligt dyrare än multikoptrar. Förutom själva drönaren ska man budgetera för köp av reservdelar, eventuella reparationer och försäkring. Slutligen ska man även budgetera för vald mjukvara.

Drönare som stöd för estimering, validering och planering. Exempel från VafabMiljö.

Tankar om att skapa överblick över anläggningen och därigenom få underlag för planering och uppslag till effektiviseringar var bakgrunden till VafabMiljö Kommunalförbunds satsning på drönare som startade 2016. Drönaren har sedan visat sig vara användbar för en mängd uppdrag inom Vafabs anläggning i Västerås. Henrik Westman, som är initiativtagare till Vafabs drönarsatsning menar att användningen av drönarteknik är en lågt hängande frukt för alla som vill komma igång med smarta tekniklösningar för att optimera sin verksamhet.

För Henrik Westman, som tidigare har arbetat som projektledare och entreprenadchef för ett privat bolag där man bland annat genomförde sluttäckningar och marksaneringsprojekt med hjälp av just drönare, var möjligheterna med tekniken kända. Han var därför övertygad om att det skulle vara både praktiskt och värdefullt att köpa en drönare till anläggningen när han kom till Vafab år 2016. Idag är Henrik projektledare för om- och tillbyggnation av Vafabs biogasanläggning och även i detta projekt har drönaren visat sig komma till god användning. Bland annat för att följa och fotodokumentera projektet.

En mängd tillämpningsområden

Förutom fotodokumentation används drönaren i flera andra tillämpningar på anläggningen.

– Med hjälp av drönaren kan man mäta deponins storlek och volym med meterprecision. Man kan skapa 3D-modeller över deponin och snabbt ta fram uppdaterade kartor över hela anläggningen samt aktuella volymer på materiallager.

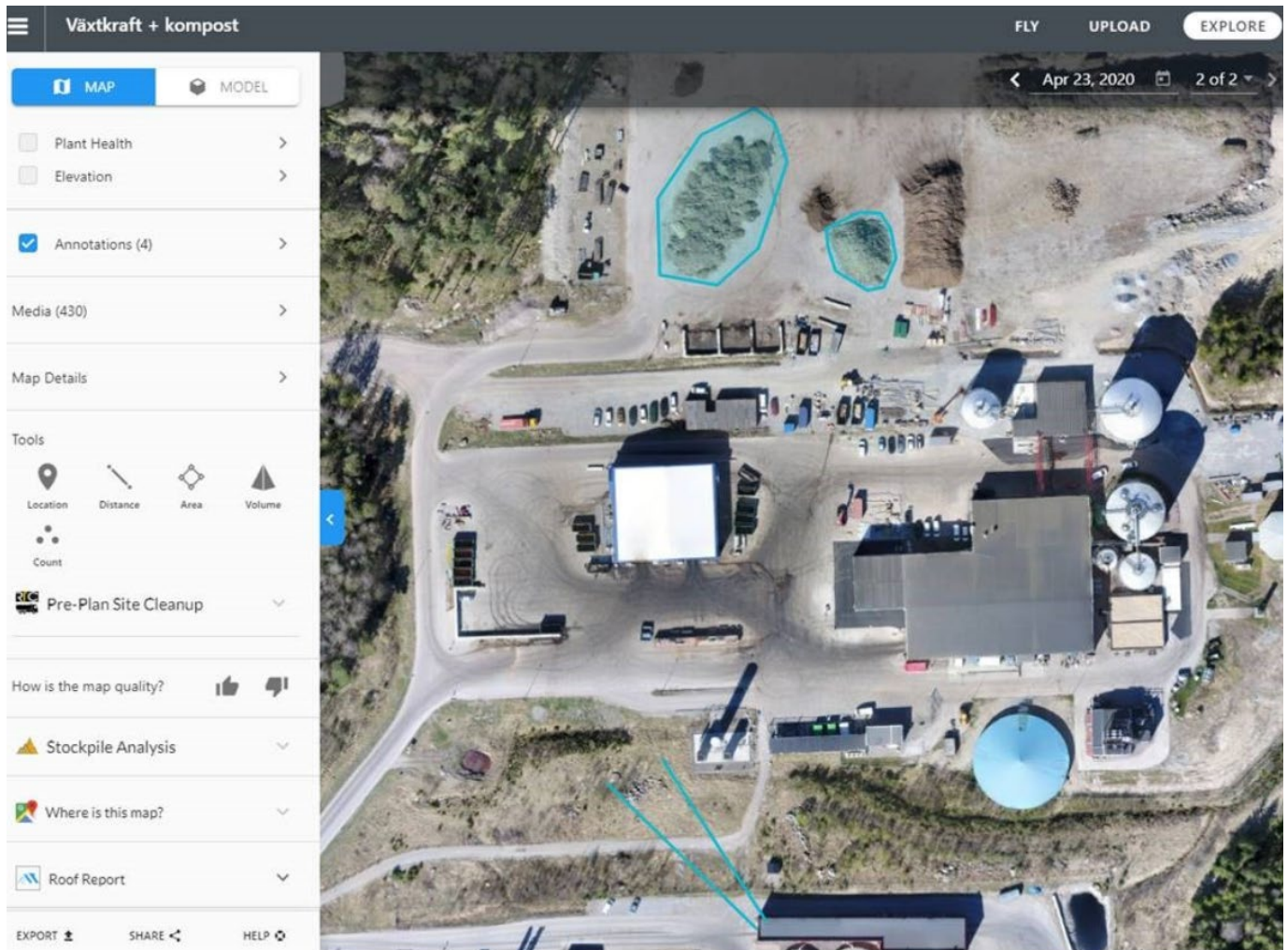
Att kunna göra detta på kort varsel är mycket praktiskt då man snabbt får en aktuell bild av området och lagersaldon. Man kan till exempel använda information som drönaren hämtar in i planeringssyfte vid utbyggnad. Att få en snabb överblick över parkeringsområdet, exempelvis för att kunna se och visa var snöröjning behövs under de kallare månaderna på

året, är en annan fördel, berättar Henrik Westman. Att kunna skapa sig en snabb överblick över ett område och en anläggning öppnar upp för en mängd olika tillämpningar. På Vafabs område används ett vaktbolag som kontrollerar att inga olaga intrång eller stöder sker på anläggningen. Med hjälp av drönaren skulle man exempelvis även kunna kontrollera så att anläggningens materiallager är intakta och att inget har stulits genom att med jämna mellanrum jämföra kartbilder och beräknade volymer. Henrik Westman berättar vidare att framtida tillämpningar skulle kunna vara att med hjälp av en värmesensor mäta temperaturen i bränslehögar i samband med flygningen och på sikt även kunna mäta metangasutsläpp när den tekniken tillgängliggörs. På så sätt kan drönartekniken användas för såväl riskkontroll som för underlag till miljörapportering.

Enkelt att planera och lätt att läsa av

För att planera flygningar och behandla data från drönaren använder Vafab appen och molntjänsten Dronedeploy, som är kompatibel med flertalet drönare och kan köras både i webb-läsaren och mobilen. Genom tjänsten ställs drönarens flygtur in i detalj med hjälp av bland annat Google Maps.

– Före en flygning ger jag drönaren en tydlig uppgift, där jag exempelvis anger när, var och hur många bilder drönaren ska ta under en flygning och i vilket syfte, samt en mängd



Översikt pågående ombyggnadsprojekt på VafabMiljö. Bild: VafabMiljö

andra parametrar för flygrutten som flyghöjd, överlapp på bilderna och flyghastighet. När flygturen är färdigplanerad är drönaren redo att köra igång, berättar Henrik Westman. Drönaren placeras sedan ut, startar och genomför flygningen helt självständigt. Bilderna som tas under flygningen sparas med geotaggar och efteråt kan samlade data överföras och behandlas i molntjänsten. I programvaran som VafabMiljö använder, kan man bland annat behandla bilder, kartor, 3D-modeller samt genomföra area- och volymeräkningar. Data kan behandlas och analyseras direkt i molntjänsten eller exporteras till exempelvis CAD eller GIS-program. När det är dags för nya flygningar kan den tidigare planerade flygturen enkelt återanvändas om man så önskar.

Kostnad som snabbt går att räkna hem

Pris och kvalitet på drönare kan variera beroende på vilken funktionalitet som är inbyggd i lösningen. Den drönare som VafabMiljö köpt in är av modellen DJI Phantom 4 advanced och kostade cirka 15 000 kr exklusive moms när den köptes år 2016. Henrik Westman berättar att de är nöjda med modellen och att det finns flera externa appar och molntjänster som kan användas för att få ut mer nytta av drönaren.

Mjukvaran som VafabMiljö använder idag har olika licenser, där antalet funktioner som ingår varierar. Den enklare varianten har en licensavgift på cirka 1 000 dollar per år. I denna ingår ett flertal nyttiga funktioner såsom geotaggar, area- och volymeräkningar samt 3D-modeller.

För mer avancerade licenser tillkommer fler funktioner såsom obegränsat antal bilder per uppladdning (vilket tillåter att man skapar större kartor), panoramabilder, video samt visualisering av temperaturmätningar. Det sistnämnda kräver förstås att även drönaren är utrustad rätt sensor. De mer avancerade licenserna tillåter även användningen av Ground Control Points (GCPs) som ökar noggrannheten på mätningar både i längd och volym. Med hjälp av GCPs kan en noggrannhet på centimeternivå istället för meter-nivå uppnås, något som en konsulterad mättekniker vanligtvis erbjuder. Användningen av GCPs kräver dock att man bland annat fysiskt utmärker dessa punkter tydligt innan flygningen. Något som kan erfordra specialistkunskaper och mätutrustning.

–Med tanke på den låga kostnaden för en drönare skulle jag säga att man snabbt kan räkna hem kostnaden som en besparing, då man inte behöver anlita en mättekniker för alla mätuppdrag. Man kan lättare följa hur deponierna hur växer under året, något som vanligtvis kan kosta tiotusentals kronor per mätning. Man kan även ta bra flygbilder över sitt område och exempelvis visa någon som ansvarar för gatusopning var de ska jobba eller visa om en container måste flyttas. Man kan helt enkelt ta snabba flygbilder i instruktions- och planerings-syften, säger Henrik Westman.

Henrik tillägger vidare att, om man behöver noggrannare resultat eller andra typer av mätningar och beräkningar, kan anlita en expert för just detta. Han poängterar dock att det är mycket man kan göra själv och att tröskeln för att komma igång därmed är lägre än många kanske tror.



3D-modell över VafabMiljö's anläggning. Bild: VafabMiljö



Henrik Westman visar upp den drönare som man använder vid VafabMiljö's anläggning. Bild: VafabMiljö

Viktigt att ha koll på regelverket

Redan år 2016 när Henrik köpte drönaren var man tvungen att få tillstånd från Transportstyrelsen för att köra den på sitt område. Något som dock inte var svårt att ordna. Regelverket för flygning med drönare håller att uppdateras.

Henrik Westman tipsar om att det är bra att känna till reglerna innan man köper och flyger drönare, speciellt om anläggningen befinner sig i närheten av en flygplats, flygfält eller annat känsligt område där det ibland finns specialregler. Hos Vafab tar man exempelvis kontakt med närliggande flygfält och ber om lov innan de kör drönaren på högre höjd än 50 meter.

Kameran på drönaren kan även göra att den ibland klassas som ett verktyg för kameraövervakning. Därför är det också en bra ide att kolla med Länsstyrelsen angående regler och tillstånd som är specifika för varje fall.

Verdict

– Jag upplever generellt att många tror att det är mer komplicerat att köpa drönare och att lära sig hur man använder programmen än vad det verkligen är. Drönare skulle kunna vara lika självklart att ha på en anläggning som en dator eller miniräknare, säger Henrik Westman.

Vidare tror Henrik att vissa som köpt drönare kanske inte insett de mervärden som finns i att använda den tillsammans med en molntjänst eller programvara som gör att man snabbt kan få ut rapporter, både för överblick och mer detaljerad

information.

–Faktum är att det är billigt, enkelt och simpelt att köpa en drönare. Det mesta om hur man kan använda den på sin anläggning kan man lära sig på en timma. Folk borde få upp ögonen för potentialen med den här tekniken, avslutar Henrik Westman.

Kommunalförbundet VafabMiljö i Västmanlands län arbetar med avfallshandling för länets kommuner samt Heby och Enköpings kommun, vilket omfattar avfall från cirka 330 000 invånare och 16 000 företag. Kommunalförbundet hanterar även en aktiv deponi som finns lokaliserad i Västerås.

VafabMiljö ansvarar för arton återvinningscentraler, där hushållen kan slänga sitt grovavfall som exempelvis möbler, metallskrot, el-avfall och trä samt farligt avfall och elavfall. På Gryta avfallsstation i Västerås finns en biogas-anläggning där man producerar fordonsbränsle.

De driver även fem avfallsstationer där flera numera är omlastningsstationer.

De arbetar även med avfallsrådgivning, information, insamling, transport, sortering, återvinning, energiutvinning, biologisk behandling, kompostering, rötning och deponering.

Erfarenheter med drönare på tippen – en återblick

Redan 2015 började potentialen med drönarna inom avfallsbranschen skönjas och Avfall Sverige var tidiga med att testa tekniken. Detta gjordes i ett projekt vars syfte var att tydligare visa på möjligheterna med att använda drönare för att effektivisera den dagliga verksamheten på avfallsanläggningar.

Med projektet ville man även visa att tekniken kan användas för att uppnå en mer kostnadseffektiv styrning. Man diskuterade även framtida användningsområden och analyserade vad man trodde skulle krävas för att realisera drönarens potential, samt vilka möjliga hinder som fanns. Analysen som gjordes då har idag visat sig vara korrekt.

Att drönartekniken kan svara mot flera av avfallsbranschens behov var tydligt redan 2015. På avfallsanläggningar behöver man inte sällan arbeta med plan- och kartmaterial för att uppnå en god styrning av verksamheten. En anläggning som hanterar avfall är ofta i förändring och därför behöver man kontinuerligt uppdatera sin överblick över området. Exempelvis behöver man löpande kartlägga och övervaka brandrisken när man hanterar lagring av flisat trä och andra brandfarliga ämnen. Man vill också gärna kunna identifiera och kvantifiera läckage av deponigas, inte minst för att kunna tillgodose kontroller från myndigheter.

Under projektet som genomfördes ville man främst pröva tre tillämpningsområden för drönare:

- digitala plan- och kartmaterial
- digitala terrängmodeller (DTM) för upprättande av terrängmodell och volymbestämning samt
- IR-teknik för detektering av värmeutveckling i avfallslager.

Tre olika typer av drönare användes för att testa tillämpningsområdena; två multikoptrar och en drönare med fast vinge. Farkosterna utrustades med digitalkamera för att testa de första två tillämpningsområdena och med en IR-kamera för att testa detektion av värmeutveckling.

Drönartest i praktiken

Drönarna och tillämpningsområdena testades på olika anläggningar i Sverige. Värmedetektionen med hjälp av IR-teknik testades på Gärstads i Linköping, volymuppskattningar på Sysav i Malmö medan plan- och kartmaterial testades på Atleverket i Örebro.

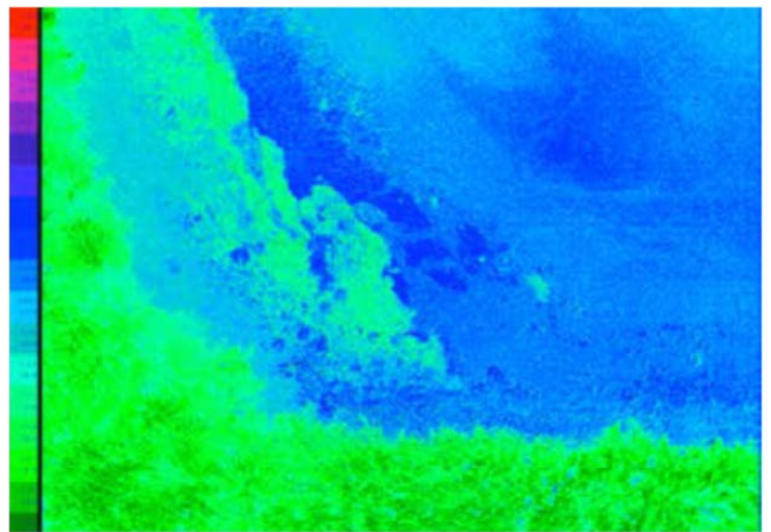
Under testflygningen i Örebro tog man ortofoto över ett sju hektar stort anläggningsområde, där man lagt ut stödpunkter (GCP) för att få bättre dimensioner. Flygningen gjordes på 150 meters höjd med hjälp av drönare med fast vinge och totalt togs över 800 bilder med 80 procents överlappning. Vid granskningen av resultatet drog man ganska snabbt slutsatsen att man i framtiden kommer uppnå en effektivare drift på avfallsanläggningar med hjälp av drönarfoton. Exempelvis kan kontinuerlig information kring teknisk infrastruktur för deponigas, vattenhantering och elinstallationer samt volymuppskattningar genomföras med hjälp av kontinuerliga drönarflygningar. Man konstaterade även att en drönare med vinge var en bra lösning för att effektivt täcka större områden medan multikoptern var mer lämplig för mindre områden.

För att testa volymberegning med hjälp av drönarteknik genomförde man testflygningar med en multikopter på Sysavs anläggning i Malmö. Flygningarna genomfördes både med och utan GCP. Man gjorde volymuppskattningar på olika grushögar från två olika höjder, 25 och 50 meter. Totalt togs cirka 100 bilder vid varje flygning och volymuppskattningarna gjordes sedan med hjälp av mjukvaran Agisoft PhotoScan. När resultatet från de olika försöken analyserades visade det sig att mätningarnas felmarginer var liten, både med och utan GCP. Man prövade även att ta bort en bestämd volym från en hög för att se om man kunde mäta skillnaden efteråt då det kan vara ett vanligt inslag i den dagliga verksamheten och testet visade också tydliga och användbara resultat.

Värmekameran som användes på Gärstad i Linköping var av modellen FLIR T650 SC och kunde detektera temperaturer mellan -40 °C och +2000 °C med en noggrannhet på 1 °C. Kameran kunde även urskilja temperaturskillnader ner till 0,03 °C vid 30 °C vilket kan användas för att visualisera lokala variationer på ytan av en deponi. Kameran fästes på en multikopter och efter flygningen analyserades data som registrerats i programvaran FLIR Tools. Man uppmätte temperaturen på flera avfallshögar och lager inom anläggningen. Efter testet kunde man konstatera att resultatet inte ger



Ortofoto över deponin på Atleverket i Örebro. Källa: Avfall Sverige Rapport 2015:12.



Test av en multispektralkamera fäst på drönare på lakvattendammar. Källa: Avfall Sverige Rapport 2015:12.

förlitliga temperaturuppmätningar i enskilda punkter, men att mätningen med hjälp av drönarteknik var en kostnadseffektiv lösning för att få en god överblick. Man påpekade också att det i framtiden kan vara svårt att ta fram en god automatiserad övervakning av temperatur genom drönarteknik men att man samtidigt trodde på en snabb teknikutveckling inom detta specifika område.

Realiserad potential

Sedan drönarna blev tillgängliga på marknaden för privatpersoner och företag har nya tillämpningar prövats kontinuerligt. År 2013 prövade man att fästa en multispektralkamera på en drönare i syfte att undersöka algers tillväxt i lakvattendammar. Resultatet visade att man redan då med hjälp av kameran kunde urskilja alger från dammen.

Idag utnyttjar man drönare i ett flertal branscher och syften, i vissa fall på projektnivå men i andra fall har tekniken lyfts från ett teststadium till att drönare används som ett skarpt verktyg i verksamheten. Exempelvis besiktigar man trånga och svåra utrymmen i LKAB:s gruva i Kiruna med drönare. Där har tekniken varit till stor hjälp då besiktningarna, efter det stora skalvet som skedde under våren 2020, kan göras utan att riskera människoliv. Myndigheten SGU prövar i ett EU-projekt tillsammans med flera internationella part-

ners att kartlägga mineralresurser med drönare i syfte att få undersökningarna mer miljövänligare, logistisk enklare och ekonomiskt lönsammare.

Efter att man provat drönare inom olika tillämpningsområden på avfallsanläggningar under våren 2015 konstaterade man positiva resultat. Man såg dock ett behov av teknikutveckling, bland annat på mjukvarunivå för att hantera den data som kan samlas in genom drönarteknik. Sedan dess har utvecklingen gått starkt framåt och efterfrågan på både bättre och mer lätthanterlig hård- och mjukvara har tillgodosetts. Numera kan de flesta privatpersoner utan någon djupare expertkompetens hantera drönare och dess data för att uppnå goda resultat i ett flertal tillämpningar. Ett exempel är användningen av drönare på Vafabs anläggning i Västerås.

Projektgruppen konstaterade också att det sannolikt skulle ställas högre juridiska krav på drönarflygning. Något som också visats sig stämma, inte minst i och med de nya lagar och regler som kommer träda i kraft under 2021. De nya reglerna behöver dock inte innebära något hinder, utan kan snarare utgöra ett stöd för de som använder drönare i olika syften. Ytterst kan de nya reglerna till och med tolkas som ett bevis på att man realiserat drönarens potential. Potentialen som påvisades i projektet 2015 har i stor utsträckning realiserats och teknikutveckling har visat att drönaren är här för att stanna.



Metangasmätningar på deponi Midland Michigan. Källa: <https://www.waste360.com/landfill-operations/will-evolving-drones-shape-future-landfill-operations>

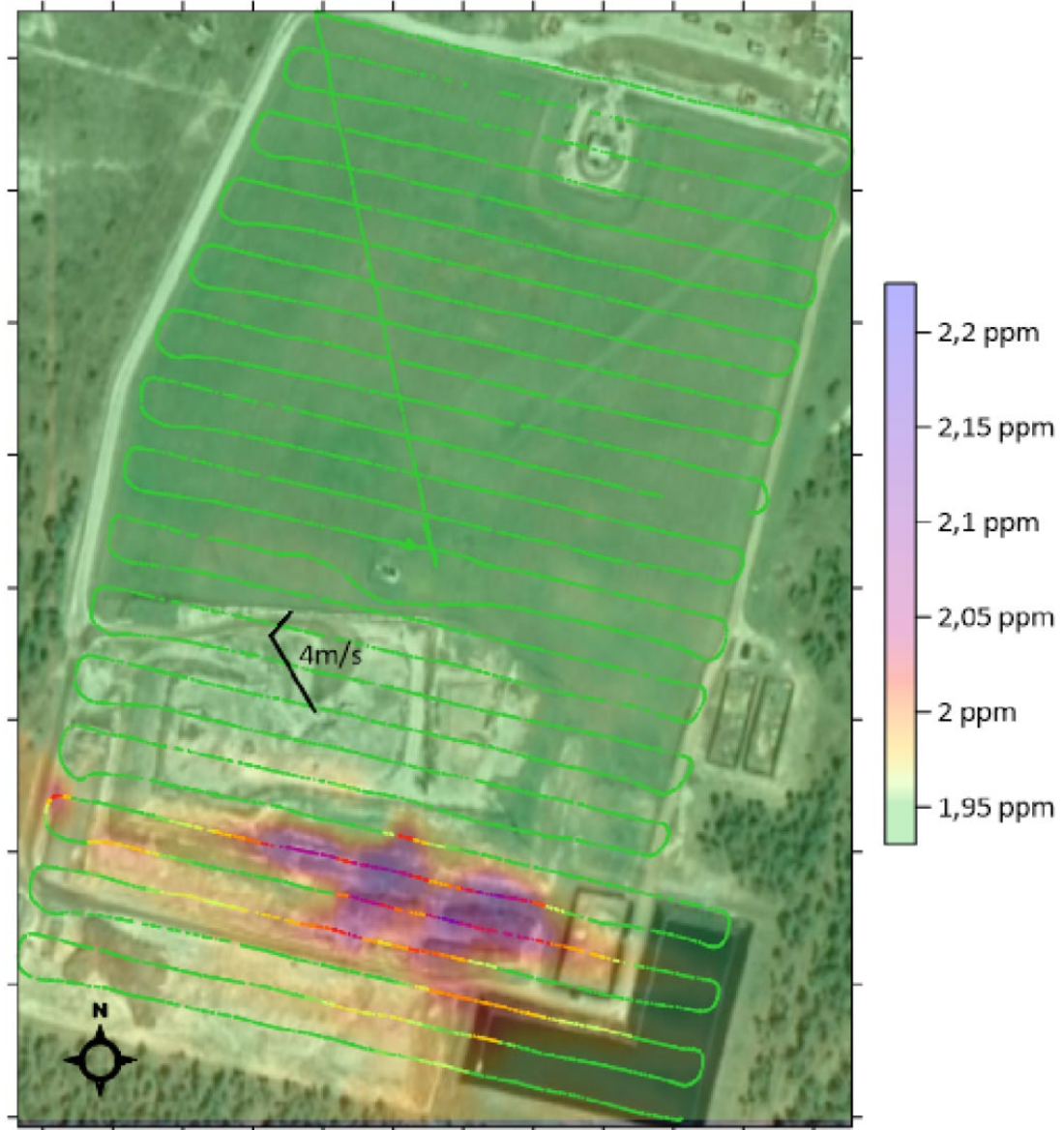


Drönare som mäter deponigas

Att gå över en deponi för att undersöka den och mäta metangasutsläpp kan vara ett både tungt och farligt jobb. Nu har utvecklingen av drönare öppnat för nya möjligheter. Man har också successivt börjat testa att utrusta drönarna med olika typer av sensorer och mätinstrument, för att se om den kan genomföra uppdrag som kan vara svåra för människan. Avfall Sverige ligger bakom några av dessa test.

Under hösten 2019 utförde Sweco Environment ett projekt, finansierat av Avfall Sverige, där man testade olika metoder att mäta deponigas, bland annat mätning genom drönarflygning. Testet omfattade fyra olika metoder att mäta deponigas, däribland drönarbaserad plymmätning. Man testade samtidigt markbaserad plymmätning och mätning med hjälp av Fluxbox och Spårgasmetoden.

Den drönarbaserade plymmätningen gick ut på att man monterade ett instrument som mäter metangas på en drönare och sedan flög man på höjder mellan 10–120 meter nedströms i vindriktningen över en deponi. Man uppmätte samtidigt vindhastigheten med en anemometer monterad på drönaren för att beräkna flödet från deponin.



Exempel figurer för resultat från drönbaserad plymmätning på Slite deponi.

Källa: Avfall Sverige Rapport 2020:11.

Vissa utmaningar, men även fördelar

Testet med i den drönbaserade plymmätning visade att de olika metoderna hade vissa utmaningar, men även fördelar. Metoden ansågs kräva upprepade mätningar av plymen för att minska felet, men metoden visade sig vara mindre känslig för fel vid högre vindhastigheter och utsläpp. Den drönbaserade mätningen ansågs i övrigt vara smidig, då man inte behövde gå runt deponin för att mäta utsläppen och den gav en bra översiktsbild över var de största utsläppen på deponin sker. Den kunde dock inte ge samma upplösning som en Fluxbox, som mer exakt mäter utsläppen av metangas. Slutsatsen från testet blev att tekniken kan rekommenderas som ensam metod och i kombination med andra metoder, i syfte att kvantifiera de totala utsläppen från en deponi och för att utföra screenings för att hitta "hot spots" där utsläppen är som störst.

Enkelt och med högre kvalitet

Även vid universitet i Michigan har man prövat drönbaserade mätningar av metangas på deponier istället för att gå runt på området och mäta utsläppen. I testet programmerade

man en drönare att flyga över ett visst område och genomföra mätningar autonomt med hjälp av en Tunable Diode Laser (TDL). Med hjälp av en drönare kunde man enkelt genomföra upprepade mätningar av deponins metangasutsläpp och man ansåg att datainsamlingen höll högre kvalitet än vad en mänskliga kunde uppnå genom manuell mätning. Med resultatet ville man, förutom att övervaka koncentrationerna, visa när det finns outnyttjade källor av metangas.

Flera uppdrag per flygning

En drönare med sensor för att mäta metangasutsläpp behöver inte nödvändigtvis begränsas till att genomföra ett uppdrag per flygning. Tvärtom kan man genom att använda flera sensorer och kameror på drönaren, låta den genomföra flera uppdrag parallellt. Exempelvis skapa nya översiktsplaner för deponin. När drönaren dessutom kan flyga autonomt blir det ett kostnadseffektivt sätt att göra upprepade parallella mätningar av en deponi, och med insamlade data kan man mer frekvent uppnå uppdaterade helhetsbilder som underlättar den dagliga verksamheten.

Den självständiga drönaren

En deponi, med allt från hushållsavfall och industriavfall till aska från energiproduktion, förorenad jord och andra farliga avfall som miljögifter, kan vara en både farlig och otrevlig miljö att vistas i.

Samtidigt kräver uppdraget, oavsett om det rör en deponi, en avfallsförbränningsanläggning eller rötningsanläggning, att människor vistas i miljön för att säkerställa att verksamheten fungerar som den ska. Med de allt mer avancerade drönarna ser vi möjligheter att ta tekniken till hjälp, så att människan kan undvika farliga miljöer och minska de arbetsmiljörisker som är förknippade med avfallsanläggningar av olika slag.

Genom den avancerad styrteknik som drönare utrustats med har man sedan länge kunnat genomföra stabila flygningar i såväl vind som ruskväder. På senare tid har tekniken också utvecklats för att agera allt mer autonomt, vilket innebär att drönaren kan genomföra uppdrag på helt egen hand utan människans inverkan. Man kan numera ge en drönare i uppdrag att inspektera ett visst geografiskt område och skapa en karta. Drönaren kan sedan genomföra flygningar även om den stöter på hinder, som den självständigt identifierar och tar sig förbi.

Vid Luleå tekniska universitet har man testat att flyga en drönare genom en okänd gruvliknande miljö där drönaren endast fått uppdraget att inspektera miljön.

– Våra drönare flyger autonomt, det innebär att så fort drönaren lämnat marken finns det ingen pilot som styr den. Drönaren är programmerad att analysera sin omgivning och att fatta egna beslut, till exempel för att självständigt kunna undvika hinder, säger Christoforos Kanellakis, robotikforskare vid Luleå tekniska universitet.

Den autonoma flygningen uppnås genom att drönaren är utrustad med en mängd sensorer vars insamlade data snabbt måste analyseras för att ge drönaren nya flygdirektiv. Då drönaren startas med uppdraget att flyga framåt i en svår och okänd miljö, krävs en avsevärd mängd beräkningskraft för att den ska kunna navigera sig fram och ta självständiga beslut. Något som dagens teknik dock håller för.

I en nära framtid kommer drönaren troligtvis att självständigt kunna genomföra mer dynamiska uppdrag, exempelvis sådant som att i ett uppdrag scanna av ett okänt område under flygningen kunna ta självständiga beslut beroende på vad den stöter på.



Bilder från drönarens scanner från raset. Källa: <https://vimeo.com/432252146>

Drönare i gruvan hos LKAB

Natten till den 18:e maj 2020 skedde det största gruvskalvet i Sveriges historia i LKAB:s Kirunagruva. Skalvet väckte stora delar av staden och uppmättes till 4,8 på richterskalan. Ingen människa skadades av skalvet men området där skalvet skedde spärrades omgående av för att kartlägga och utvärdera skadeläget.

Man gjorde i ett tidigt skede fysiska besiktningar och kunde direkt konstatera att skadorna var omfattande, men då man var orolig för ytterligare skalv beslutade man sig för en ny teknik för att utvärdera skadorna i detalj: en drönare.

Fördelen med tekniken är att den kan flyga in i trånga, svåråtkomliga och skadade utrymmen där det inte är tänkt att människor ska befinna sig. Med drönarens hjälp kunde man därmed på ett snabbt och säkert sätt kontrollera skadorna i gruvan efter skalvet. För LKAB innebar lösningen ett stort kliv framåt för företaget, både ur säkerhets- och teknikaspekt. Inför flygningen utrustades drönaren med bland annat en strålkastare och scanner. Rent praktiskt tog det ungefär en kvart att förbereda flygningen. När den sedan var igång orienterade den sig likt en fladdermus för att läsa av sin omgivning och för att undvika svåra hinder i dess framfart.

– Vi är väldigt glada att vi kan ha den här tekniken. Det möjliggör besiktningar utan att någon behöver ta sig in fysiskt, berättar Per Brännman, sektionschef för rasbrytningen på LKAB i Kiruna.

Filmsekvenserna från drönaren används inte bara för att besiktiga gruvan. Med drönarens hjälp kan man även

successivt bygga upp större modeller av gruvan. Modellerna och filmsekvenserna kan sedan lagras för att på sikt kunna användas för att upptäcka strukturförändringar i gruvan. Man planerar att även besiktiga de störtschakt som ännu inte kunnat scannats av vilket innebär att det återstår minst 13 kilometer schakt som ska ”synas i sömmarna”. Material från flygningarna har dock redan börjat analyseras och man tror sig kunna använda drönaren i fler syften i framtiden. LKAB anser att drönaren och scannern definitivt är här för att stanna och kommer att användas för en rad olika ändamål framöver. Det är ett stort kliv framåt för säkerheten i samband med besiktningar på utsatta områden i gruvan.

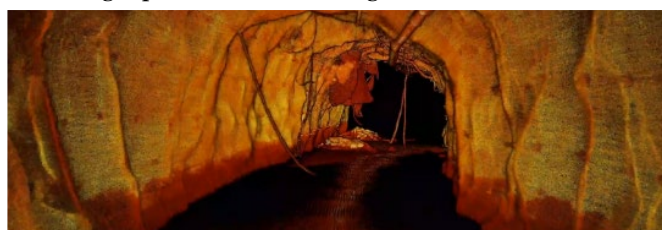


Foto: Bilder från drönarens scanner från raset. Källa: <https://vimeo.com/432252146>



Nytt regelverk för drönare

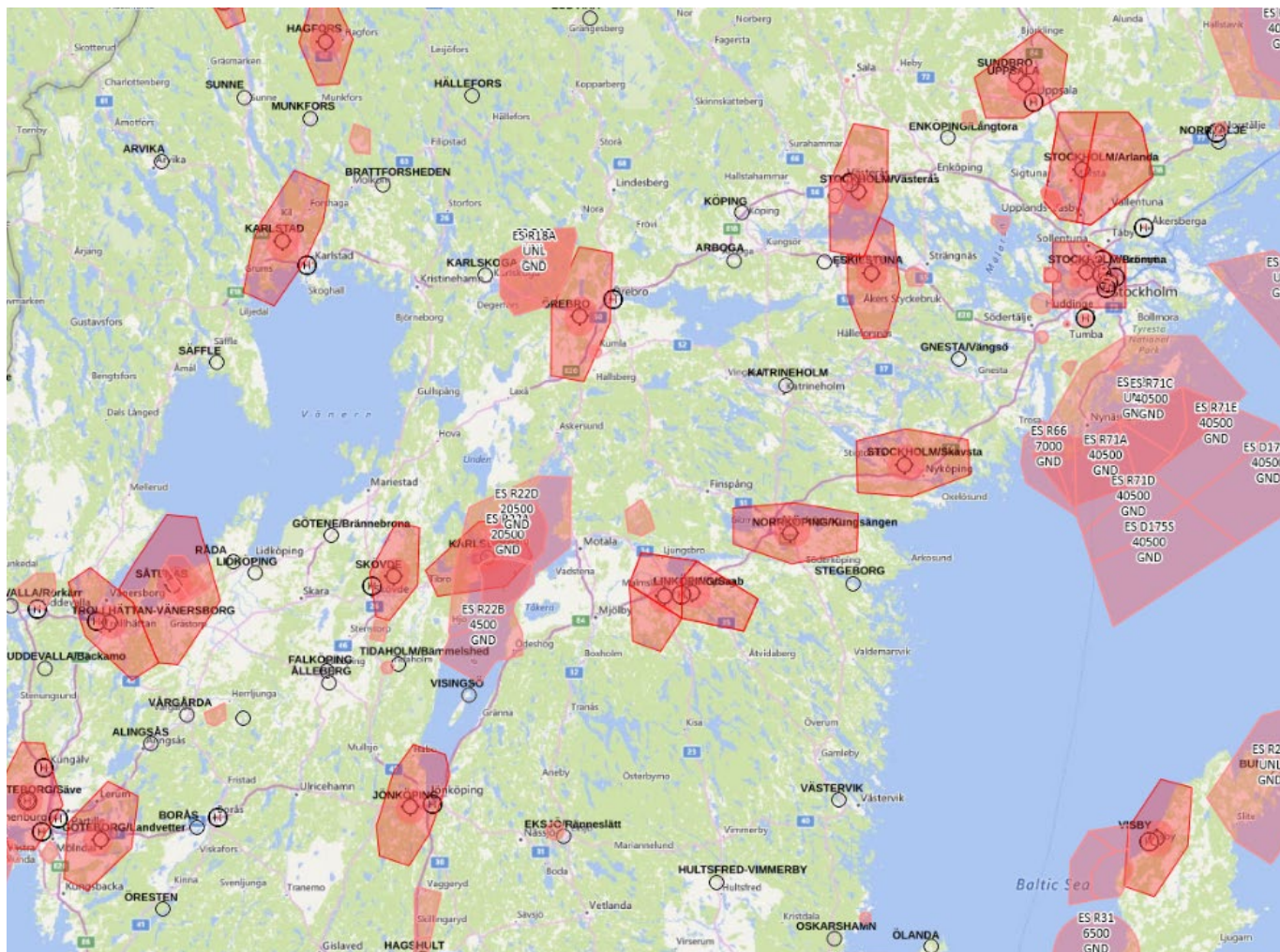
Sedan drönare gjorde ordentlig entré på den kommersiella marknaden har användningen av dem ökat kraftigt hos både privatpersoner och företag. Tillverkare och användare i Europa vittnar om en stark marknad där efterfrågan väntas öka. Även Transportstyrelsen ser en fortsatt stadig utveckling inom både hårdvara och mjukvarulösningar inom branschen. Då flygningen av drönare kan innebära risker för säkerhet, integritet, skydd av personuppgifter, luftfartsskydd och miljö, har man sedan tidigare infört nationella lagar och regler för drönarflygning.

Som följd av att drönartrafiken ser ut att fortsätta öka, har man både inom Sverige och EU förberett nya lagar och regler. Dessa väntas träda i kraft den 4 januari 2021 och bland de nya reglerna finns det så kallade 'drönarkortet'.

Redan innan beslutet att införa gemensamma regler för drönarflygning inom EU, fanns det ett regelverk i Sverige som bland annat krävde särskilt tillstånd för att flyga drönaren utom synhåll och högre än 120 meter över marken, med undantag från när drönaren passerar ett hinder. Vidare beskrev regelverket att man exempelvis inte heller får flyga på ett sätt som "utgör en risk för andra luftfartyg, människor, djur, miljö eller egendom". Detta regleras bland annat med

hjälp av utmärkta områden, där man ibland kan behöva särskilda tillstånd för att flyga drönare såsom i närheten av en flygplats, nära ett kärnkraftverk eller vid vissa naturområden. Platserna har markerats ut på två olika kartor, en från Transportstyrelsen som beskriver restriktionsområdena och en annan från Naturvårdsverket som visar naturområdena som kräver särskilt tillstånd. Båda kartorna finns tillgängliga på respektive myndighets webbplats.

Vidare skiljer sig de nuvarande reglerna beroende på drönarens vikt, utrustning och skick. Drönarna har därför kategoriserats för att förtydliga vilka regler som gäller för vilken drönare.



Drönarkarta där områden med specialregler för drönarflygning är utmarkerade. Källa: <https://daim.lfv.se/echarts/dronechart/>

Drönarkategorier

Kategori 1: Maximal startvikt på mindre än 7 kg och drönaren flygs inom synhåll och på lägre höjd än 120 meter.

Kategori 2: Maximal startvikt på mer än 7 kg men mindre än 25 kg och drönaren flygs inom synhåll för piloten.

Kategori 3: Maximal startvikt på mer än 25 kg och drönaren flygs inom synhåll för piloten.

Kategori 4: Drönare som är avsedd att flygas utom synhåll för piloten och utan några särskilda operativa begränsningar.

Kategori 5 A-C: Flygning över 120 meter över marken eller vatten om det görs i närheten av ett hinder som exempelvis master och byggnader. Det obemannade luftfartyget får i dessa fall inte flygas på ett längre horisontellt avstånd till hindret eller högre vertikalt avstånd över dess högsta punkt än 50 meter.

Kategori 5 B: Särskilt tillstånd kan ges för flygning utom synhåll för piloten, där observatörer i stället har det obemannade luftfartyget inom synhåll. Observatörerna ska även övervaka luft och mark/vatten visuellt, för att bibehålla ett säkert avstånd till andra luftfartyg, människor, djur och egendom som inte är en del av flygningen.

Kategori 5 C: Övrig verksamhet med obemannade luftfartyg, som inte faller in under någon annan kategori, kan eventuellt genomföras efter särskilt tillstånd enligt kategori 5C. Exempel på sådana flygningar kan vara sådana som görs utom synhåll i ett särskilt område eller flygningar på högre höjd än 120 meter över marken eller vattnet.

En försäkring för drönaren rekommenderas alltid, men krävs exempelvis endast för drönare som väger mer än 20 kg. Alla drönare ska vara märkta med operatörens namn och telefonnummer. Radioutrustningen ska vara CE-märkt och drönaren ska vara i gott skick samt vara utrustad med belysning om man flyger i mörker. I övrigt kommuniceras att sunt förnuft ska användas i flygningen vilket innebär att man exempelvis inte får ta kränkande foton eller sprida foton och flygfoton utan tillstånd, då en drönare kan klassas som ett verktyg för kameraövervakning.

Vad innebär de nya reglerna?

Tidigare har drönare som omfattats av kategori 1 inte behövt söka tillstånd för att flyga, men de nya reglerna föreskriver att det numera kommer behövas en ansvarig operatör för all flygning av drönare, en så kallad drönaroperatör. En drönaroperatör kan vara både ett företag och privatperson och måste registrera sig hos Transportstyrelsen för att få ett operatörs-ID. Drönaren ska sedan märkas med operatörs-ID och därefter ansvarar drönaroperatören för att den flygs på ett säkert sätt, oavsett vem som sedan flyger drönaren.

Den som flyger drönaren kommer efter de nya reglerna träder i kraft kallas för fjärrpilot. Fjärrpiloten delas in i en av tre kategorier; öppen, specifik eller certifierad. För att få flyga inom någon av kategorierna krävs ett förarbevis som man erhåller efter utbildning och ett teoriproov, ett så kallat drönarkort.

När det gäller att ansöka om tillstånd för själva drönaren kommer inga specifika tillstånd krävas från transportstyrelsen för drönare som:

- Väger mindre än 25 kg
- Flyger inom synhåll
- Flyger maximalt 120 meter ovanför marken utom över hinder
- Inte flyger över folksamlingar

Drönare som uppfyller dessa krav omfattas av den öppna kategorin, som endast kräver ett drönarkort. Det kan dock bli aktuellt med tillstånd från andra parter, exempelvis Lantmäteriet för spridning av bild och film eller från en flygplats om man flyger inom dess utmarkerade zon.

Hur kan man förbereda sig?

För att underlätta för de som är ansvariga för en drönare eller de som flyger själva finns det en digital guide på Transportstyrelsens webbplats. I denna finner man information om vad som kommer gälla när de nya reglerna träder i kraft. Guiden kommer hjälpa dig vid registrering som operatör, för utbildning inför att ta drönarkortet och i ansökan om specifika tillstånd.

Planerar du att köpa en drönare kan du gå in på Transportstyrelsens webbplats för att se vad som krävs för den drönare du planerar att köpa och vilka tillstånd som kan komma att krävas av din planerade flygning. Du kan även kontrollera vilka geografiska områden som kräver specialregler enligt Transportstyrelsen och Naturvårdsverket, samt läsa på om allmänna rekommendationer.

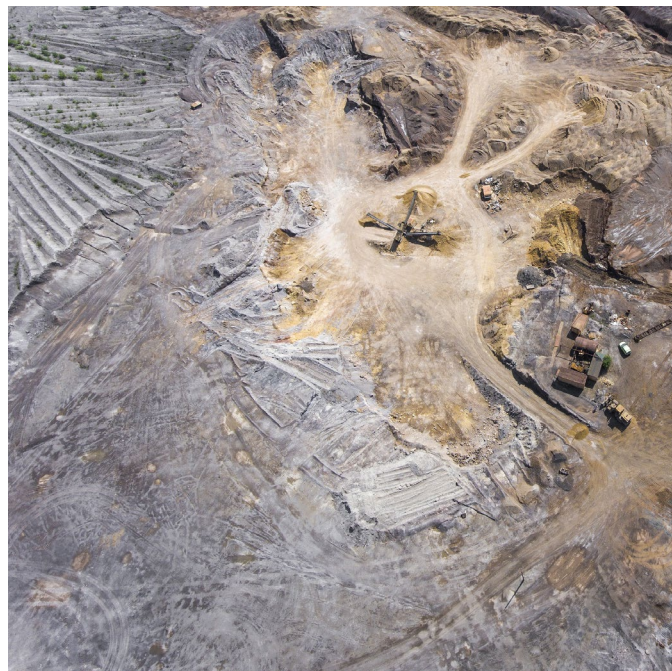
CHECKLISTA FÖR DRÖNARE PÅ AVFALLSANLÄGGNINGAR

- ✓ Kontrollera vilken **drönarkategori** er tilltänkta drönare tillhör utifrån dess tekniska specifikation och tilltänkta tillämpning. Kommer ni behöva flyga högre än på 120 meters höjd? Kommer drönaren alltid vara inom synhåll? Detta ger er en uppfattning om vilka specialregler ni måste förhålla er till vid flygning. Kontrollera även startvikten hos drönaren om den varierar med olika typer av mätinstrument.
 - ✓ Öppna **drönarkartan** på Transportstyrelsens och Naturvårdsverkets respektive webbplats för att se om några restriktioner finns i närheten av avfallsanläggningen där drönaren är tänkt att flyga.
 - ✓ Ligger er anläggning i närheten av en **flygplats** eller flygfält? Upprätta en direktkontakt med vederbörande för att informera om er planerade flygning samt för att kontrollera om några hinder eller regler tillkommer vid flygning såsom flygning endast vid specifika tidpunkter eller begränsade flyghöjder.
 - ✓ Kontakta Länsstyrelsen och fråga om **ytterligare regler** tillkommer baserat på era planerade tillämpningsområden. En omfattande användning av drönare med kamera där många människor rör sig kan exempelvis i vissa fall klassas som kameraövervakning.
 - ✓ **Registrera verksamheten** som drönaroperatör och registrera själva drönaren vid behov på Transportstyrelsens webbplats.
 - ✓ Utse en eller flera **fjärrpiloter**. Se till att piloterna genomför lämplig utbildning utifrån drönarens kategori och tilltänkt flygning eller tillämpning.
 - ✓ **Försäkra drönaren** i fall olyckan skulle vara framme under flygning.
- Mer information om lagar och regler för drönare finns på <https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Luftfartyg-och-luftvardighet/dronare/>*

Drönarflygning som tjänst

I takt med att drönartekniken har utvecklats och blivit tillgänglig för allt fler har också fler företag som erbjuder drönarflygning som tjänst etablerats på marknaden. Drönare som tjänst finns numera inom en mängd olika branscher, däribland avfallsbranschen. Företagen som tillhandahåller tjänsterna kan ofta, utöver sådant som volymberäkningar med hög noggrannhet, erbjuda fullständiga kartmaterial för tillståndsansökningar och scanning av områden med hjälp av ett olika typer av sensorer, exempelvis för att mäta värme och utsläpp av olika gaser.

Drönartekniken och dess tillämpningsområden har haft en snabb utveckling. I exemplet från Vafab har vi förmedlat hur man med tillgång till egen drönare kan hitta olika användningsområden för denna. Att införskaffa en egen drönare är dock inte motiverat för alla, och för mer avancerade uppdrag kan drönarflygning lämpligen köpas som tjänst. Några exempel på företag som har drönarflygning som tjänst är Swescan, Drönartjänst och KO mätteknik. Dessa tillhandahåller behovsanpassade drönarflygningar och kan ofta genomföra hela fältarbetet samt analys och rapportering. Många av dessa företag erbjuder även tillgång till en mjukvara, så kunden kan logga in, granska och analysera resultatet självständigt.



ISWA vill inspirera avfallssektorn till Industri 4.0

INSPIRATION

Sedan några år tillbaka beskrivs utvecklingen av ”smarta fabriker” och den allt mer uppkopplade industrin som den fjärde industriella revolutionen, eller ”Industri 4.0”. De flesta branscher har redan påverkats av strukturomvandlingen som den nya tekniken för med sig. Utvecklingen drivs på av att många branscher och företag ser möjligheter att med intelligenta digitala nätverkssystem och uppkopplade maskiner effektivisera, optimera och öka värdet i produkter och tjänster. Det råder stor enighet om att Industri 4.0 också kommer att påverka avfallssektorn.

För att rusta och inspirera avfallssektorn att följa med i den väg av förändring som digitaliseringen för med sig publicerade International Solid Waste Association (ISWA) hösten 2019 en skrift med titeln ”How industry 4.0 transforms the waste sector”. Skriften innehåller en mängd goda exempel på tillämpning av den smarta tekniken i allt från systemlösningar till smarta robotar och AI från avfallsbolag över hela världen. Man beskriver också hur den smarta tekniken kan bidra till att målen om minskade klimatutsläpp och minskade mängder plast och annat avfall som hamnar i våra hav kan nås samt hur resurseffektivitet och cirkulär ekonomi kan utvecklas.

► Vill du ha fler exempel (än de du hittar i vår skiftserie) rekommenderar vi att du laddar ner och läser [ISWAS rapport](#).



OM PROJEKTET

Hur ser vi till att med digitaliseringen som stöd utveckla avfallshanteringen? Hur kan vi på bästa sätt inspirera och engagera Avfall Sveriges medlemmar så att de kan fånga digitaliseringens möjligheter? Dessa frågor har varit utgångspunkten för de projekt som drivits av Avfall Sverige och IVL Svenska Miljöinstitutet i samverkan.

Denna skrift är ett resultat från det projekt då vi fokuserat på digitaliseringens möjligheter inom avfallsanläggningar. Till vår hjälp, för att ringa in vilka områden och frågeställningar som är av intresse, har vi haft en referensgrupp med representanter från avfallsanläggningar med olika verksamhetsinriktning, i allt från återvinningscentraler till deponier och förbränningsanläggningar. Referensgruppen lyfte fram följande områden som intressanta, där de ser att behoven och önskemålen om inspiration och vägledning var störst:

- Systemlösningar som optimerar och skapar nya värden inom den egna verksamheten
- Systemlösningar för utbyte av information och effektiv samverkan med externa parter
- Smarta robotar, uppkopplade sensorer, AI och Machine Learning som stöd för effektivisering och optimering
- Drönare som stöd för övervakning, planering och effektivisering

Fyra tidigare skrifter om digitaliseringens möjligheter

I ett tidigare projekt har Avfall Sverige och IVL Svenska Miljöinstitutet beskrivit digitalisering och digital transformation i stort, men med fokus på avfallssektorn. Projektet resulterade i fyra skrifter med olika teman:

- #1 Övergripande om digitaliseringens möjligheter**
- #2 Effektivare logistik med hjälp av sensorer och molntjänster**
- #3 Med fokus på kunden**
- #4 Digitalisering som stöd för avfallsförebyggande åtgärder och återbruk**

Läs mer och ladda ner tidigare skrifter på: www.avfallsverige.se, www.ivl.se

Avfall Sverige är kommunernas branschorganisation inom avfallshandling. Det är Avfall Sveriges medlemmar som ser till att avfall tas om hand och återvinns i landets alla kommuner. Vi gör det på samhällets uppdrag: miljösäkert, hållbart och långsiktigt.

Vår vision är "Det finns inget avfall". Vi verkar för att förebygga att avfall uppstår, att mer återanvänds och att det avfall som uppstår återvinns och tas om hand på bästa sätt. Kommunen och deras bolag är ambassadör, katalysator och garant för denna omställning.

Konkreta exempel från den egna branschen och framtidsspaningar om hur den smarta tekniken kommer att påverka landets avfallsanläggningar är det som efterfrågas mest. Sedan tidigare projekt, då vi utforskade digitaliseringens möjligheter inom avfallssektorn i stort, vet vi att generell vägledning och inspiration också efterfrågas av många.

I denna skrift (**#6** i en serie av flera på samma tema, men med olika fördjupningsområden) har vi därför fokuserat på att beskriva hur smart teknik kan bana väg för effektiva lösningar och verksamhetsutveckling inom olika typer av avfallsanläggningar.

För dig som vill ta del av hur avfallsanläggningar kan utvecklas med stöd av digitala systemlösningar finns inspiration och erfarenhetsdelning i #5 i denna serie.



IVL Svenska Miljöinstitutet är ett fristående och icke vinstdrivande forskningsinstitut som sedan 1966 arbetar med tillämpad forskning och uppdrag för en ekologiskt, ekonomiskt och socialt hållbar tillväxt inom näringslivet och övriga samhället.

Hos IVL arbetar nu 300 ingenjörer, beteendevetare, kemister, marinbiologer, geologer, statsvetare, journalister, affärsutvecklare och ekonomer, för att nämna några.